



## FAX vorab (8 Seiten)

Europäisches Patentamt  
80298 München

Fritz Pfister  
Abt. ARI

München, 27.01.2006

**Internationale Patentanmeldung: PCT/DE2005/000544**

**Titel: "Vorrichtung zur Bearbeitung von Bauteilen"**

**Anmelder: MTU Aero Engines GmbH**

**Unser Zeichen: P804783/WO/1**

Auf den schriftlichen Bescheid der internationalen Recherchenbehörde (Regel 43 bis.1 PCT), datiert vom 05.08.2005:

Der Anmelder vertritt die Auffassung, dass das ursprüngliche Patentbegehrten angesichts des Standes der Technik aus dem Dokument D1 sowie des Standes der Technik gemäß Figur 6 der vorliegenden Anmeldung mangels ausreichender Abgrenzung nicht haltbar ist. Aus den nachfolgend darzulegenden Gründen ist er aber der Auffassung, dass Merkmale verbleiben, welche die Kriterien „Neuheit“ und „erfinderische Tätigkeit“ erfüllen.

Das Dokument D1 betrifft eine mobile Bearbeitungsstation zur Drehbearbeitung von großen, mechanisch sensiblen Baueinheiten, insbesondere von Gasturbinentreibwerken. Die Baueinheiten werden in ihrer betriebsgemäßen Einbaulage an ihren serienmäßigen Aufhängungselementen bearbeitet, d.h. unter den auch im Betrieb vorhandenen, gewichtsbedingten Lasten und Verformungen. Dies hat den Vorteil, dass die Maßhaltigkeit nach Bearbeitung im Betrieb verbessert werden kann. Die Vorrichtung weist einen elektromotorisch in Rotation versetzbaren, radialen Arm (26) auf, der an seinem radial äußeren Ende einen Werkzeugkopf mit Drehwerkzeug und mit Verstellkinematiken für axiale und radiale Bewegung des Drehwerkzeugs relativ zum Arm trägt. Der Arm wird drehbar und zentrisch an die Baueinheit gekoppelt, konkret an die Niederdruckwelle des Triebwerks, und dann mit der Bearbeitungsstation verbunden (Antriebswelle, Absaugvorrichtung etc.). Sowohl für die Installation als auch für die eigentliche Bearbeitung ist ein relativ großer, freier, axial einseitig offener Innenquerschnitt am Bauteil/an der Baueinheit erforderlich, wie ihn vorzugsweise das Fangehäuse eines Triebwerks bietet. Die zu bearbeitende

MTU Aero Engines GmbH  
Postfach 50 06 40  
80976 München · Deutschland  
Lieferanschrift:  
Dachauer Straße 665  
80995 München · Deutschland  
Tel. +49 89 1489-0  
Fax +49 89 1489-5500  
[www.mtu.de](http://www.mtu.de)

Sitz der Gesellschaft:  
München  
Handelsregister:  
München HRB Nr. 154230  
Steuer-Nr.: 81759039  
UST-IdNr.: DE238391310  
  
Bankverbindung:  
Commerzbank AG, München  
Bankleitzahl 700 400 41  
Konto 220 400 600

Geschäftsführer:  
Udo Stark, Vorsitzender  
Bernd Kessler  
Dr. Michael Süß  
Reiner Winder  
Vorsitzender des Aufsichtsrats:  
Johannes P. Huth

Tel. +49 89 1489-3064  
Fax +49 89 1489-5947  
Ref. P804783/WO/1



Fritz Pfister  
Abt. ARI

Innenkontur verläuft im wesentlichen kreiszylindrisch, ggf. mit kleinen Durchmesseränderungen. Es sei wiederholt, dass dabei das Bauteil stillsteht und der Werkzeugträger rotiert. Für die Innenbearbeitung von aus Scheiben zusammengesetzten Rotoren mit engen, tiefen Kammern/Hinterschnitten ist die Vorrichtung gemäß D1 konstruktionsbedingt **nicht** geeignet.

Die Vorrichtung gemäß vorliegender Anmeldung wurde speziell für die beengten Platzverhältnisse in aus Scheiben zusammengefügten Rotoren konzipiert. Die Kinematik ist so, dass der Werkzeugträger statisch/drehfest gehalten ist, und das Bauteil rotiert. Es gibt keine zentrierende Koppelung /Anbindung am Bauteil. Der radial von der Bohrstange (23) abstehende Bereich (Vorsprung 25, Werkzeugträger 24) ist zur Montage/Demontage geteilt. Der Antrieb für die Schwenkbewegung des Drehwerkzeugs verläuft durch die Bohrstange (23) und den Werkzeugträger (24). Alle diese Merkmale sind bei D1 nicht gegeben.

Der Anmelder ist daher der Auffassung, dass nicht D1 den nächstliegenden Stand der Technik beschreibt, sondern die Figur 6 der vorliegenden Anmeldung.

Es wird daher ein neues Patentbegehren mit nunmehr nur noch 5 Ansprüchen eingereicht. Der neue Anspruch 1 fasst Merkmale aus den ursprünglichen Ansprüchen 1, 2, 4, 5 und 6 zusammen. Er ist gattungsmäßig auf die Drehbearbeitung von aus Scheiben zusammengesetzten Rotoren beschränkt. Der ursprüngliche Anspruch 3 ist entfallen. Die ursprünglichen Ansprüche 7 bis 10 bilden die neuen Ansprüche 2 bis 5.

Die Beschreibungseinleitung wurde – einschließlich Titel – an die neue Anspruchsfassung angepasst. Der Stand der Technik aus dem Dokument D1 wird kurz erläutert.



Fritz Pfister  
Abt. ARI

Alle Änderungen sind aus der im Original beigefügten, handschriftlichen Korrekturfassung ersichtlich.

MTU Aero Engines GmbH

A handwritten signature in black ink that reads "Pfister".

Pfister  
AV48977

Anlage

Patentansprüche 1 bis 5 (2 Blatt), per Fax und Post,  
Beschreibungsseiten 1, 1A und 2, per Fax und Post,  
Rotkorrektur (5 Blatt, Original), nur per Post

### Vorrichtung zur Drehbearbeitung von Rotoren

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Drehbearbeitung von Rotoren an radial nach Innen weisenden Bearbeitungsflächen, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der GB-A-2 240 735 ist eine Vorrichtung zur Drehbearbeitung von Statorn von Gasturbinentriebwerken bekannt, welche speziell für die Bearbeitung eines Einlaufbelages am Fangehäuse vorgesehen ist. Die Vorrichtung ist als fahrbare Bearbeitungsstation ausgeführt und weist einen elektrisch antriebbaren, mit der Niederdruckwelle des Triebwerks koppelbaren, sich radial erstreckenden Arm (26) auf, an dessen radial äußerem Ende das Drehwerkzeug sitzt. Das Drehwerkzeug/Schneidwerkzeug ist relativ zu dem Arm (26) auf schlittenartigen Trägern (48, 60) axial und radial verfahrbar bzw. verstellbar angeordnet. Während der axialen Vorschubbewegung wird die radiale Position bevorzugt über eine Kulissenkurve (88) gesteuert, so dass sich „automatisch“ die richtige Einlaufbelagkontur ergibt, welche im wesentlichen kreiszylindrisch - mit geringen Durchmesseränderungen - verläuft. Der Vorteil dieser Vorrichtung ist darin zu sehen, dass große, sensible Baueinheiten, wie Triebwerke, in ihrer bestimmungsgemäßen Einbaulage unter Berücksichtigung der in dieser Lage auftretenden Belastungen und Verformungen bearbeitet werden können, wodurch eine bessere Maßhaltigkeit im Betrieb erzielt werden kann. Die Ankoppelung und Inbetriebnahme der Vorrichtung erfordert relativ große, axial einseitig offene Innenquerschnitte, wie z.B. ein nach vorne offenes Fangehäuse, ohne Hinterschnitte bzw. andere Einengungen. Zur Innenbearbeitung von aus mehreren Scheiben zusammengesetzten Rotoren mit tiefen Hinterschnitten bzw. Kammern ist die Vorrichtung nicht geeignet.

Rotoren von Gasturbinen, insbesondere Rotoren von Hochdruckverdichtern von Flugtriebwerken, werden üblicherweise von mehreren axial hintereinander angeordneten Rotorscheiben gebildet, wobei die Rotorscheiben entweder miteinander verschraubt oder miteinander verschweißt sind. Beim Verschweißen der Rotorscheiben bilden sich an radial innenliegenden Flächen sowie an radial außenliegenden Flächen Schweißnähte aus, die zur Vermeidung von Kerbstellen nachbearbeitet werden müssen. Da die radial innenliegenden Flächen der Rotoren schwer zugänglich sind, ist die Bearbeitung der Schweißnähte an den radial innenliegenden Flächen problematischer als die Bearbeitung der Schweißnähte an den radial außenliegenden Flächen.

Im Zuge der Optimierung von Gasturbinen, insbesondere der Optimierung von Flugtriebwerken, werden immer höhere Drehzahlen der Rotoren erforderlich. Damit steigt auch die von den Rotoren abzufangende Belastung. Je höher die Belastung der Rotoren ausfällt, desto kleiner werden in der Regel Nabenoehrungen innerhalb der Rotoren. Daraus folgt, dass eine radiale Tiefe von zwischen miteinander verbundenen Rotorscheiben angeordneten Kammern zunimmt. Ist zum Beispiel die radiale Tiefe der zwischen den miteinander verbundenen Rotorscheiben angeordneten Kammern größer als der Durchmesser der Nabenoehrung, so sind spezielle Vorrichtungen bzw. Werkzeuge zur Bearbeitung, nämlich zur Drehbearbeitung, der radial innenliegenden Bearbeitungsflächen, die zwischen den miteinander verbundenen Rotorscheiben verlaufen, erforderlich.

Aus dem Stand der Technik sind bereits Vorrichtungen bzw. Werkzeuge zur Drehbearbeitung von Rotoren an radial innenliegenden Bearbeitungsflächen bekannt, die den oben skizzierten Schwierigkeiten Rechnung tragen. Die aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen bzw. Werkzeuge zur Drehbearbeitung sind jedoch insbesondere dann nicht mehr geeignet, wenn zusätzlich zur immer größer werdenden, radialen Tiefe der zwischen miteinander verbundenen Rotorscheiben verlaufenden Kammern auch die Breite der Rotorscheiben im Nabenherrich zunimmt, wenn also der axiale Abstand zwischen zwei Rotorscheiben im Nabenherrich verringert wird. In diesem Fall ist es nicht möglich, die aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen bzw. Werkzeuge zur Drehbearbeitung in den zu bearbeitenden Rotoren einzuführen bzw. eine Drehbearbeitung an den radial innenliegenden Bearbeitungsflächen des Rotors vorzunehmen.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Vorrichtung zur Innenbearbeitung von Rotoren zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass die eingangs genannte Vorrichtung durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist. Erfindungsgemäß weist die Bohrstange einen sich im wesentlichen in radialer Richtung erstreckenden Vorsprung auf, der mit dem sich im wesentlichen in radialer Richtung erstreckenden Werkzeugträger zusammenkoppelbar ist, wobei die radialen Abmessungen des Vorsprungs der Bohrstange und des Werkzeugträgers an die Abmessungen einer Nabenoehrung des zu bearbeitenden Bauteils derart angepasst sind, dass die Bohrstange und der Werkzeugträger in entkoppeltem Zustand in die Nabenoehrung einführbar sind, und dass in zusammengekoppeltem Zustand das im Werkzeugträger gelagerte Drehwerkzeug an die radial innenliegende Bearbeitungsfläche des Bauteils zur Anlage bringbar ist. Das Drehwerkzeug ist zusam-

men mit seinem Halter in vorwiegend axialer Richtung schwenkbar, wofür eine Antriebswelle in der Bohrstange und ein Getriebe im Vorsprung der Bohrstange sowie im Werkzeugträger installiert sind.

Mit der hier vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zur Drehbearbeitung von Rotoren an radial innenliegenden Bearbeitungsflächen der Rotoren vorgeschlagen, die auch dann eine zuverlässige und sichere Bearbeitung der radial innenliegenden Bearbeitungsflächen der Rotoren ermöglicht, wenn einerseits ein Durchmesser von Nabentiefen in den zu bearbeitenden Rotoren kleiner und damit die radiale Erstreckung von Kammern, die innerhalb der zu bearbeitenden Rotoren zwischen zwei Rotorschiebern verlaufen, größer wird, und wenn andererseits der axiale Abstand insbesondere im Nabenhinterland zwischen benachbarten Rotorschichten, welche die sich im Wesentlichen in radialer Richtung erstreckenden Kammern begrenzen, kleiner wird.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematisierte Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Drehbearbeitung von Rotoren an radial nach Innen weisenden Bearbeitungsflächen in Draufsicht sowie Seitenansicht;

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Drehbearbeitung von Rotoren, insbesondere Rotoren von Gasturbinen, an radial nach Innen weisenden Bearbeitungsflächen (16), wobei der jeweilige Rotor (10) mindestens zwei axial eng benachbarte, radial außen über Fortsätze (13) verbundene Rotorscheiben (12) mit axial aufgedickten Nabenhöhen (21) und zentralen Nabenhöhlungen (26) aufweist, und wobei die mindestens eine Bearbeitungsfläche (16) zwischen den Rotorscheiben (12) im Bereich der Fortsätze (13) liegt, mit einer sich im wesentlichen in axialer Richtung erstreckenden, drehfest gehaltenen Bohrstange (23) und einem sich im wesentlichen in radialer Richtung erstreckenden, ein Drehwerkzeug (27) tragenden Werkzeugträger (24), dadurch gekennzeichnet,  
dass die Bohrstange (23) einen sich im wesentlichen in radialer Richtung erstreckenden Vorsprung (25) aufweist, der mit dem sich im wesentlichen in radialer Richtung erstreckenden Werkzeugträger (24) zusammenkoppelbar ist, wobei die radialen Abmessungen des Vorsprungs (25) der Bohrstange (23) und des Werkzeugträgers (24) an die Abmessungen einer Nabenhöhlung (26) des zu bearbeitenden Rotors (10) derart angepasst sind, dass die Bohrstange (23) und der Werkzeugträger (24) in entkoppeltem Zustand in die Nabenhöhlung (26) einführbar sind, und dass in zusammengekoppeltem Zustand das im Werkzeugträger (24) gelagerte Drehwerkzeug (27) an die radial nach Innen weisende Bearbeitungsfläche (16) des Rotors (10) zur Anlage bringbar ist,  
dass das Drehwerkzeug (27) im Werkzeugträger (24) über einen Drehwerkzeughalter (28) beweglich gelagert ist, wobei das Drehwerkzeug (27) zusammen mit dem Drehwerkzeughalter (28) gegenüber dem Werkzeugträger (24) in vorwiegend axialer Richtung schwenkbar ist, dass in der Bohrstange (23) eine Antriebswelle (32) geführt ist, und dass die Antriebswelle (32) über ein Getriebe (33) mit dem Drehwerkzeughalter (28) gekoppelt ist, wobei das Getriebe (33) die Antriebsbewegung der Antriebswelle (32) in eine Schwenkbewegung des Drehwerkzeughalters (28) umsetzt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Getriebe (33) von mindestens einem im Vorsprung (25) der Bohrstange (23) verlaufenden Zahnrad (34, 35, 37) und einer im Werkzeugträger (24) verlaufenden Scheckenwelle (36) mit zugeordnetem Zahnrad (51) gebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass im Vorsprung (25) der Bohrstange (23) mehrere Zahnräder (34, 35, 37) verlaufen, wobei ein erstes Zahnrad (34) mit der Antriebswelle (32) gekoppelt ist, und wobei ein zweites Zahnrad (35) mit dem der Schneckenwelle (36) zugeordneten Zahnrad (51) gekoppelt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Schneckenwelle (36) an dem Drehwerkzeughalter (28) angreift, wobei der Drehwerkzeughalter (28) als Segment eines Schneckenrads ausgebildet ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in die Bohrstange (23) und in den Werkzeugträger (24) Leitungen (46) integriert sind, die ein Kühlmittel und/oder ein Schmiermittel in Richtung auf das Drehwerkzeug (27) führen.

\* \* \*